PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 49. 7. September 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:
A. Eichenwald, Über den Rowlandschen Versuch. S. 703.
J. C. Mc. Lennan, Über eine gewissen Salzen durch Kathodenstrahlen erteilte Radioaktivität. S. 704.
S. Guggenheimer, Zur Theorie der Funkenentladung. S. 706.

Vorträge und Reden:
J. H. Poynting, Die physikalischen Gesetze, Erklärungen und Hypothesen. S. 707.

Besprechungen:
E. v. Lommel, Lehrbuch der Experimentalphysik; H. Kayser, Lehrbuch der Physik; E. Warburg, Lehrbuch der Experimentalphysik. S. 712.
K. Polstorff, Leitfaden der qualitativen Analyse und der gerichtlich-chemischen Analyse. S. 714.
A. Classen, Ausgewählte Methoden der analytischen Chemie. S. 714.

Personalien. S. 714.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über den Rowlandschen Versuch.

Von A. Eichenwald (Moskau).

Seitdem Rowland [1]) die magnetische Wirkung konvektiv bewegter Elektrizität zum ersten Male nachgewiesen hat, sind seine Versuche von Röntgen [2]) und Himstedt [3]) wiederholt und bestätigt worden. Himstedt hat zwar nur relative Messungen gemacht, konnte aber die Proportionalität der magnetischen Wirkung mit der Geschwindigkeit und Dichtigkeit der bewegten Ladung in ziemlich weiten Grenzen prüfen. Endlich haben Rowland und Hutchinson [4]) aus den Beobachtungen der magnetischen Wirkung des konvektiven Stromes das Verhältnis der elektrostatischen zu den elektromagnetischen Einheiten berechnet und bekamen einen Wert für das V, welcher zwischen $2{,}26 \cdot 10^{10}$ und $3{,}78 \cdot 10^{10}$ lag; als Mittelwert aus 20 Versuchsreihen ist $3{,}19 \cdot 10^{10}$ angegeben.

Neuerdings hingegen hat Hr. V. Crémieu [5]) aus einer Reihe von Untersuchungen geschlossen, dass eine magnetische Wirkung der elektrischen Konvektion überhaupt nicht existiere, dass man aber zufällige Ablenkungen der Magnetnadel beobachten kann, wenn nicht genügende Vorsicht gegen elektrostatische Wirkungen genommen worden ist.

Wegen der fundamentalen Bedeutung, welche der Versuch von Rowland namentlich in den neueren elektrischen Theorien hat, schien es mir nicht überflüssig, denselben nochmals zu wiederholen. Die Versuchsanordnung war folgende: Zwischen zwei vertikalen, miteinander leitend verbundenen, sonst aber isolierten beweglichen Zinkscheiben BB (Fig. 1) rotiert um eine horizontale Achse eine leichte Mikanitscheibe A von

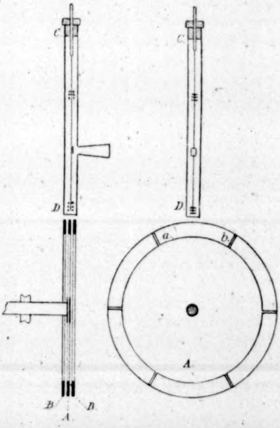

Fig. 1.

25 cm Durchmesser, welche am Rande und auf beiden Seiten mit 1,5 cm breiten Stanniolstreifen ab beklebt ist. Diese Stanniolstreifen können durch Schleifkontakte geladen werden und bilden mit den Zinkscheiben BB einen Kondensator. Alle drei Scheiben sind parallel zum magnetischen Meridian aufgestellt.

Über dem oberen Rande der Scheibe ist an einer Wandkonsole eine vertikale Röhre CD aus elektrolytischem Kupfer angebracht, in welcher sich ein sehr leichtes astatisches Nadelpaar an einem Quarzfaden aufgehängt befindet. Das Nadelpaar ist somit von allen Seiten von elektrolytischem Kupfer von 1 mm Dicke umschlossen und nur ein kleines Fensterchen von 5×5 mm Öffnung erlaubt die Ablenkungen der Nadel mittels Spiegel und Skala zu beobachten. Vor dieser Öffnung ist noch ein kupferner Trichter angebracht, um die Magnetnadel vor elektrostatischen Einflüssen noch sicherer zu schützen.

1) Ber. d. Berl. Akad. **1876**, 211.
2) Röntgen, Ber. d. Berl. Akad. **1885**, 198.
3) Himstedt, Wied. Ann. **38**, 560, 1889.
4) Rowland und Hutchinson, Phil. Mag. (5). **27**, 445, 1889.
5) V. Crémieu, C. R. **130**, 1544, 1900; **131**, 578, 797, 1900; **132**, 327, 1108, 1901; auch Lecher, Rep. d. Phys. **20**, 151, 1889 konnte den Rowlandschen Versuch nicht bestätigen.

Die Röhre ist dauernd an Erde gelegt. Dank diesen Vorsichtsmassregeln konnte ich in unmittelbarer Nähe von dieser Röhre elektrische Funken oder Spitzenentladungen erzeugen, elektrisierte Luft blasen u. s. w. ohne die geringste Ablenkung der Magnetnadel zu beobachten.

Aus der Fig. 1 ist zu sehen, dass der ganze Apparat symmetrisch gebaut ist.

Rotiert die Mikanitscheibe ohne Ladung, so bekommt man durch Foucaultsche Ströme Ablenkungen, die aber 10 Skt. bei 1000 Skt. Skalenabstand nicht übersteigen und von der Rotationsrichtung unabhängig sind. Wird aber während der Rotation der Scheibe der Kondensator geladen, so erfolgt eine dauernde, positive oder negative Ablenkung der Nadel je nach dem Sinne der Ladung und der Rotation, aber jedes Mal nach der Ampèreschen Regel.

Es versteht sich von selbst, dass für das Gelingen des Versuches die Magnetnadel sehr empfindlich (also möglichst leicht) genommen werden muss. Das von mir benutzte astatische Nadelpaar bestand aus 12 dünnen Stahllamellen (Uhrfeder) (Fig. 1) von 3 mm Länge, welche an einem 15 cm langen Glasfaden aufgekittet waren. Der Spiegel war 2×3 mm gross. Das ganze System mit dem Spiegel wog ca. 20 mg und wurde durch einen Magneten bis auf zehn Sekunden (volle) Schwingungsdauer astasiert.

Von den quantitativen Versuchen erlaube ich mir einen anzuführen, welcher bei verhältnismässig kleinen Geschwindigkeiten und niedrigen Potentialen angestellt war, wo also keine Erschütterungen und keine Isolationsfehler zu befürchten waren. Bei 60 Umdrehungen der Mikanitscheibe in der Sekunde und einer Potentialdifferenz im Kondensator von 1500 Volt erhielt ich einen doppelten Ausschlag von zehn Skalenteilen bei 1000 Skt. Skalenabstand. Da die Kapazität des Kondensators durch Rechnung und durch Vergleich mit einem kleinen Luftkondensator sich zu $5 \cdot 10^{-11}$ Farad ergab, so berechnet sich der konvektive Strom zu $4{,}5 \cdot 10^{-6}$ Ampères.

Hierauf schickte ich durch die obere Stanniolbelegung *ab* (Fig. 1) einen galvanischen Strom von derselben Grösse und erhielt dieselbe Ablenkung der Nadel; Abweichungen waren zuweilen 2 bis 3 Skalenteile. Bei anderen Versuchsbedingungen erhält man dieselbe Übereinstimmung. Bei sehr hohen Potentialen konnte ich wegen der Luftfeuchtigkeit (bis 80%) keine messenden Versuche machen; im Winter aber muss man weiter kommen können.

Also auch quantitativ, wie es schon Rowland gefunden hat, stimmt die magnetische Wirkung des konvektiven Stromes mit der eines galvanischen überein.

Man könnte noch fragen, ob die kupferne Röhre *CC*, welche die Magnetnadeln vor elektrostatischen Einflüssen schützt, einen genügenden Schutz bietet, wenn die Ladung schnell bewegt wird. — Auch diese Frage kann rein experimentell beantwortet werden.

Fig. 2.

Zu dem Zwecke konstruierte ich ein Nadelsystem (Fig. 2), welches aus zwei Magnetnadeln $n_1\ s_1$ und $s_2\ n_2$ und einer Kupfernadel *Cu* von genau derselben Form und Dimension bestand. Wurde ein solches System in die kupferne Hülle *CD* (Fig. 1) so eingehängt, dass die Magnetnadel $n_1\ s_1$ unten und die Kupfernadel *Cu* oben zu stehen kam, so erhielt ich während der Rotation der geladenen Scheibe, wie früher, Ablenkungen der Magnetnadel $n_1\ s_1$ nach der Ampèreschen Regel bis 10 Sek. Wurde aber das ganze System umgedreht, so dass die Magnetnadel $n_1\ s_1$ jetzt nach oben und die Kupfernadel nach unten, also nahe an die sich bewegende Ladung kam, so konnte ich keine Ablenkungen, die grösser als $1/2$ Skalenteil waren, wahrnehmen.

Über die Existenz eines Rowland-Effekts kann somit kein Zweifel sein. Was aber andere, mit der elektrischen oder magnetischen Konvektion zusammenhängende Fragen anbetrifft, so müssen sie weiteren, aber vorwiegend experimentellen Untersuchungen überlassen bleiben.

Juli 1901. Moskauer Ingenieur-Hochschule.

(Eingegangen 26. Juli 1901.)

Über eine gewissen Salzen durch Kathodenstrahlen erteilte Radioaktivität.

Von J. C. Mc. Lennan.

(Mitgeteilt von Prof. J. J. Thomson.)

Bisher scheint das einzige Beispiel, dass eine ursprünglich inaktive Substanz durch Einwirkung von Kathodenstrahlen radioaktiv wurde, von Villard [1]) beobachtet worden zu sein. Er fand, dass ein Stückchen Wismut, das als Antikathode einer Entladungsröhre benutzt worden war, nach einer Exposition von acht Tagen einen schwachen Eindruck auf eine photographische Platte machte.

1) Société de Physique; Juli 1900.

Im folgenden wird über eine Untersuchung berichtet, durch die mehrere inaktive Salze gefunden wurden, die bei leichter Erhitzung eine sehr bemerkbare Radioaktivität entwickelten, wenn sie vorher Kathoden- oder Entladungsstrahlen ausgesetzt worden waren. Bei mehreren Salzen genügte eine Temperatur von 100°, um den Effekt hervorzurufen; doch war die Radioaktivität bei höheren Temperaturen noch ausgesprochener.

Die von diesen Salzen ausgehende Strahlung entlud positiv geladene Körper, negative dagegen nicht. Niemals schien sie einem unelektrisierten Körper eine Ladung zu erteilen.

Zur Untersuchung des Effekts wurde das von C. T. R. Wilson[1]) angegebene Verfahren benutzt. Ein dünner Messingdraht wurde in einem kleinen Metallkästchen, durch Schwefel isoliert, senkrecht aufgehängt. An diesem Draht wurde ein Goldblättchen befestigt, dessen Ausschlag mit einem Mikrometer-Mikroskop beobachtet, ein Mass für das Potential des Messingdrahts gab. Die Kapazität des ganzen Systems betrug keine 2 cm.

Das auf Radioaktivität zu prüfende Salz wurde in einer dünnen Schicht auf dem Boden des Elektroskops angebracht, das in den meisten Fällen durch einen Bunsenbrenner erwärmt wurde.

Um Störungen des Goldblättchens durch Luftzug zu vermeiden, wurden die Beobachtungen gewöhnlich in Luft von 15 mm Druck gemacht.

Tabelle I zeigt eine Liste der beobachteten Salze, zugleich mit den erhaltenen Resultaten. Jedes dieser Salze wurde auf Thermolumineszenz[2]) geprüft, um zu erfahren, ob irgend ein Zusammenhang zwischen diesem Phänomen und der beobachteten Radioaktivität bestehe.

Tabelle I.

Substanz	Positiver Ladungsverlust	Negativer Ladungsverlust	Thermolumineszenz
$Mn\,SO_4$	Nein	Nein	Nicht beobachtet
$Zn\,SO_4$	Nein	Nein	Schwach weiss
$Pb\,SO_4$	Nein	Nein	Nicht beobachtet
$Be\,SO_4$	Ja (schwach)	Nein	„ „
$Ca\,SO_4$	Ja	Nein	Sehr schwach
$Sr\,SO_4$	Ja	Nein	Schwach weiss
$Ba\,SO_4$	Ja	Nein	„ „
$K_2\,SO_4$	Ja	Nein	Nicht beobachtet
$Ca\,S$	Ja	Nein	„ „
$Sr\,S$	Ja	Nein	„ „
$Ba\,S$	Ja	Nein	„ „
$Ca\,O$	Nein	Nein	„ „
$Ca\,Cl_2$	Nein	Nein	Schwach weiss
$Ba\,Cl_2$	Nein	Nein	„ „

1) Proc. Roy. Soc. **68**, 154.
2) Wied. Ann. **34**, 446, 1888. **37**, 177, 1889.

Aus diesen Resultaten geht klar hervor, dass nur wenig Zusammenhang zwischen den beiden Phänomenen besteht. Um dies sicher zu stellen, wurden einige Experimente mit einer Anzahl van't Hoffscher[1]) sogen. fester Lösungen gemacht, deren kräftige Thermolumineszenz bekannt war. Aus Tabelle II, die die hauptsächlichen Resultate enthält, ersieht man, dass Radioaktivität nur in einem Falle bemerkt wurde.

Tabelle II.

Feste Lösung	Posit. Ladungsverlust	Negat. Ladungsverlust	Thermolumineszenz
$Ca\,SO_4 + 2\,\%\,Mn\,SO_4$	Ja	Nein	intensiv grün
$Zn\,SO_4 + 1\,\%\,Mn\,SO_4$	Nein	Nein	intensiv rot
$Mg\,SO_4 + 1\,\%\,Mn\,SO_4$	Nein	Nein	intensiv dunkelrot
$Ca\,SO_4 + 1\,\%\,Mn\,SO_4$	Nein	Nein	intensiv gelb
$Ca\,Fl_2 + 2\,\%\,Mn\,SO_4$	Nein	Nein	hellgrün.

Die Sulfate von Calcium, Strontium und Baryum, sowie die feste Lösung $Ca\,SO_4 + 2\,\%\,Mn\,SO_4$ waren fast gleichstark radioaktiv, während der mit Beryll-Sulfat erhaltene Effekt nur ganz klein war. Bei den Sulfiden bemerkte man, dass die Radioaktivität nur den fünften Teil derjenigen der Sulfate derselben Elemente betrug.

Alle beobachteten Salze verloren ihre Radioaktivität schnell, wenn sie erhitzt wurden. Es genügte gewöhnlich, sie 3—5 Minuten im Elektroskopen der Bunsenflamme auszusetzen, um jede Spur von Radioaktivität vollständig auszutreiben.

Als Beispiel der bei diesen Experimenten gemessenen Grösse der Effekte möge bemerkt werden, dass die Strahlung einer dünnen Schicht aktiven Calciumsulfats, das auf dem Boden des Elektroskops über etwa 20 qcm ausgebreitet war, 2—3 elektrostatische Einheiten positiver Elektrizität entlud.

Interessant ist, dass Calciumchlorid nicht radioaktiv gemacht werden konnte, während aus diesem Salze hergestelltes Calciumsulfat durch Bestrahlung von Kathodenstrahlen ziemlich radioaktiv wurde.

Bei einer Reihe vergleichender Messungen mit aktivem Calciumsulfat in Luft bei 480 bis zu 1 mm Druck wurde weder ein Unterschied in der Geschwindigkeit noch im Gesamtbetrag des positiven Ladungsverlustes beobachtet.

Mit demselben Salze, Calciumsulfat, ergab sich in einem magnetischen Felde von 3000 C. G. S. Einheiten eine geringe Abnahme der Entladung.

1) Zeitschrift f. phys. Chemie **5**, 322, 1890.

Ferner wurde untersucht, ob Radioaktivität nachweisbar wäre, wenn das elektrostatische Feld des Goldblättchens von dem Salz durch ein Drahtnetz abgeschirmt wurde. Man beobachtete wenig Unterschied, wenn ein Netz von 3 mm Maschenweite benutzt wurde, aber bei einem Netz von 1 mm Drahtdicke und 1 mm Maschenweite war der Entladungsverlust des Messinstruments bedeutend verkleinert.

Nach den bisherigen Versuchen scheinen nur zwei Erklärungen dieser besonderen Strahlung haltbar. Die eine besteht in der Annahme, dass der Effekt von der Erzeugung ultravioletten Lichts bei Erhitzung des aktivierten Salzes herrührt, und dass dieses Licht, auf das negativ geladene Salz einwirkend, Entladungsverlust auf seiner Oberfläche verursacht.

Um diese Annahme zu prüfen, wurde eine amalgamierte Zinkkugel an dem unteren Ende des Messapparates befestigt. Kein Zeichen von Entladung negativer Elektrizität des Goldblättchens wurde hierbei beobachtet, obgleich die Zinkkugel nur 4 mm von dem radioaktiven Salz entfernt war.

Es scheint kaum möglich, dass ultraviolette Strahlung, die die beobachteten Effekte hervorruft, vollständig in Luft von 15 mm Druck bei nur 4 mm Abstand absorbiert werden könnte.

Die einfachere Annahme ist wahrscheinlich, dass die erhitzten Salze einen Strom negativ geladener Partikel oder Korpuskeln aussenden, die von dem positiv geladenen Goldblättchen des elektrostatischen Feldes angezogen werden und es entladen. Wenn diese Ansicht richtig ist, müssen diese negativ geladenen Partikel von dem Salz mit ausserordentlich kleiner Geschwindigkeit ausgesandt werden; sonst müssten wir erwarten, dass das anfänglich unelektrische Goldblättchen zum mindesten eine kleine negative Ladung erhielte.

Die hier beschriebenen Versuche wurden in dem Cavendish Laboratorium gemacht; und ich spreche gern Herrn Prof. Thomson meinen aufrichtigen Dank aus, für manche wertvolle Anregung und Ermutigung während der Untersuchungen.

[Anmerkung des Übersetzers: Die beschriebenen Erscheinungen haben viel Ähnlichkeit mit Beobachtungen von Elster und Geitel aus dem Jahre 1896 (Wied. Ann. 59, 487: „Über eine lichtelektrische Nachwirkung der Kathodenstrahlen"). Da auf die beeinflussten Salze schon das Tageslicht wirkt, so scheint nicht ausgeschlossen, dass die vom Verfasser beobachteten Erscheinungen ein blosser Hallwachs-Effekt sind.

Eine thatsächlich durch Kathodenstrahlen hervorgerufene Radioaktivität, die auch auf die photographische Platte wirkt, ist neuerdings von Hoffmann und Strauss (Chem. Ber. 34, S. 8—11 und 907—913. Beibl. 25, S. 317 u. 633. 1901) nachgewiesen worden.]

(Aus dem Englischen übersetzt von W. Kaufmann.)

Zur Theorie der Funkenentladung.

Von Siegfr. Guggenheimer.

Kurz nachdem unter ähnlichem Titel der Redaktion des Phil. Mag.[1]) eine Notiz eingesandt war, erschien die letzte Mitteilung des Herrn Kaufmann[2]), die sich zum Teil ebenfalls mit dem Gegenstand beschäftigt, und wenn auch von anderem Standpunkte aus das Problem in Angriff nehmend, doch zu im wesentlichen identischen Schlussresultaten gelangt.

Ich will nur nebenbei erwähnen, dass Herrn Kaufmanns Satz: „Einer stetigen Änderung irgend einer der den Wert des stationären Stromes bestimmenden Grössen etc. entspricht eine unstetige Änderung im Werte des Stromes etc." durch die Hypothese der Erzeugung der Ionen durch Kollisionen eine sehr einfache Interpretation gestattet. Denn da z. B. aus Herrn Townsends Untersuchungen hervorgeht, dass für einen gegebenen Druck und gegebener Temperatur ein wohldefinierter Spannungswert besteht, bei dem die negativen Ionen die zur Erzeugung neuer Ionen durch Zusammenstösse notwendige Geschwindigkeit erlangen, so ist es ohne weiteres einleuchtend, dass z. B. die Stromkurve an diesem Punkt eine Unstetigkeit aufweisen muss.

Der Zweck dieser Zeilen ist jedoch hauptsächlich, auf die Möglichkeit einer einfachen physikalischen Interpretation von Herrn Kaufmanns „Umwandlungsarbeit" aufmerksam zu machen.

Nehmen wir auch hier, wie in obiger Arbeit, schätzungsweise an, dass der zum Eintreten der Funkenentladung notwendige Maximalstrom die Anwesenheit von ungefähr 10^9 Ionen in der Volumeinheit bedingt, dann besteht die von Herrn Kaufmann zur Erklärung der Verzögerung herangezogene „Umwandlungsarbeit" eben in dem Arbeitsaufwand (von den elektrischen Kräften geleistet), der nötig ist, um durch Kollisionen 20 Ionen (C. T. R. Wilson) in 10^9 Ionen pro Volumeinheit zu verwandeln. Legt man den von Townsend (Phil. Mag. Febr. 1901)

1) S. Guggenheimer, Phil. Mag. September 1901.

2) W. Kaufmann, Ann. d. Phys. **5**, 757, 1901. Siehe auch W. Kaufmann, Ann. d. Phys. **2**, 158, 1900. Letztere Abhandlung habe ich leider bei der Abfassung obenerwähnter Notiz übersehen.

gefundenen Arbeitswert für die Erzeugung eines Ions zu Grunde, so ergiebt sich, diesen Wert $= 10^{-11}$ Erg gesetzt, ein approximativer Betrag der „Umwandlungsarbeit" von 10^{-2} Ergs (pro Volumeinheit des Gases).

Ich hoffe, auch hierüber bald genauere experimentelle Resultate zu haben.

Dass die Verzögerung mit wachsender Überspannung auch bei der Funkenentladung abnimmt (Kaufmann, Ann. 5, 764), ist leicht erklärlich. Der Betrag der „Umwandlungsarbeit" bleibt jedoch immer der gleiche.

Nürnberg, 20. August 1901.

(Eingegangen 22. August

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY
LIBRARY
WOODS HOLE, MASS.

VORTRÄGE UND REDEN.

Die physikalischen Gesetze, Erklärungen und Hypothesen.

Von J. H. Poynting.[1])

Sicherlich hegen Sie alle mit mir den Wunsch, den tiefgefühlten Dank unserer Sektion für die Errichtung einer physikalischen Reichsanstalt (National-Physical Laboratory), zum Ausdruck zu bringen, deren Gründung von dieser Stelle aus zuerst durch Herrn Dr. Lodge angeregt wurde. Es wäre überflüssig, hier die Bedeutung der endgültigen Gründung des Laboratoriums hervorheben zu wollen; denn wir alle sind uns bewusst, dass ein solches unbedingt notwendig war, damit der physikalischen Forschung in unserem Lande der gebührende Fortschritt ermöglicht wird; dass die erste Leitung der Aufgaben der Anstalt in so bewährte Hände gelegt wurde, ist ein grosses Glück.

Während die Naturforschung immer mehr unser Wissen vermehrt, und jede neue Entdeckung eine positive, dauernde Ergänzung bildet, wird endlos darüber diskutiert, wo die Grenzen des Forschungsgebietes zu setzen sind, und was die gewonnenen Erkenntnisse bedeuten.

Trotzdem, glaube ich, ist in manchen Beziehungen ein wirklicher Fortschritt zu verzeichnen, und es kommen wenigstens die Physiker mehr und mehr zu einer Übereinstimmung über die Natur der Gesetze, in welchen sie ihre Forschungsergebnisse niederlegen, über die Erklärungen, welche sie zu geben versuchen und die Hypothesen, zu welchen sie beim Suchen nach Erklärungen gelangen.

Ich möchte Sie einladen, die Grundlagen dieser Übereinstimmung der Betrachtung zu unterwerfen, und möchte erörtern, auf welche Weise meiner Ansicht nach dieselben gewonnen werden können.

In den Bereich des physikalischen Studiums fallen die sichtbaren Bewegungen und andere sichtbare Veränderungen der Materie. Die Erfahrungen des Physikers sind die Sinneseindrücke, die er bekommt, und sein Ziel liegt in einer möglichst gedrungenen Beschreibung der Art, wie seine verschiedenen Sinne erregt wurden, erregt werden oder erregt werden könnten.

Seine Methode liegt in der Auffindung aller Ähnlichkeiten, der Zusammenstellung aller ähnlichen Ereignisse und in der so ermöglichten möglichst gedrängten Darstellung der beobachteten Bewegungen und Veränderungen. Sein Erfolg im Aufsuchen von Ähnlichkeiten und sein Streben nach gedrängter Wiedergabe, führten ihn dazu, eine solche Konstitution der Dinge sich vorzustellen, dass Ähnlichkeiten auch dort auftreten, wo sie der direkten Beobachtung verborgen sind, und er wird auf diese Weise in den Stand gesetzt, seine Klassifikation zu vereinfachen — vorausgesetzt, dass die vorgestellte Konstitution der Wirklichkeit entspricht. Unter der Annahme, dass, was in der Vergangenheit ähnlich war, es auch in Zukunft bleiben wird, ist er im stande Voraussagungen zu machen.

Seine Darstellung der Natur ist in diesem Sinne eine Beschreibung, wie man sich oft ausdrückt.

Gäbe es zwischen den Ereignissen keine Ähnlichkeiten, so könnte unsere Darstellung derselben nicht mehr als ein Adressbuch sein, in dem jeder Einzelfall unter seinem Titel eingetragen ist. Die beobachteten Ähnlichkeiten jedoch ermöglichen es, eine grosse Anzahl von Ereignissen zusammen zu gruppieren, allgemeinere Beschreibungen zu geben und thatsächlich, statt eines Adressbuches, ein lesbares Buch der Natur herzustellen, in welchem Gesetze an der Spitze der einzelnen Abschnitte stehen.

Diese Gesetze sind, meiner Überzeugung nach in allen Fällen kurze Beschreibungen beobachteter Ähnlichkeiten. Ein paar Beispiele mögen dies erläutern.

Das Gravitationsgesetz sagt aus, dass wir jedem Stück Materie eine Konstante zuweisen können — seine Masse — derart, dass andere Materie an ihr eine Beschleunigung hervorruft, welche jener Masse direkt und dem Quadrate

1) Eröffnungsrede, gehalten vor der mathematischen und physikalischen Sektion der British Association zu Dover 1899.

der Entfernung umgekehrt proportional ist; d. h. alle Körper gleichen sich in dieser gegenseitigen Beschleunigung.

Das Hookesche Gesetz für den ausgestreckten Draht besagt, dass jedes weitere gleiche Zusatzgewicht eine gleiche Verlängerung bewirkt, oder dass das Verhalten des Drahtes für alle gleichen, nicht zu grossen Zugkräfte ähnlich ist.

Das Joulesche Gesetz der Stromwärme sagt aus, dass die pro Zeiteinheit entwickelte Wärme proportional dem Quadrate der Stromstärke mal dem Widerstande ist oder dass alle verschiedenen Fälle sich ähnlich sind, indem W dividiert durch $i^2 \cdot w \cdot t$ konstant ist.

Wird überhaupt ein Gesetz durch eine Gleichung ausgedrückt, so sagt diese Gleichung aus, dass zwei verschiedene Messungen ausgeführt wurden, die durch die Ausdrücke auf den beiden Seiten der Gleichung dargestellt sind und dass all die verschiedenen Fälle sich insofern gleichen, als die beiden Messungen in der in der Gleichung ausgesprochenen konstanten Beziehung stehen. Eine genaue Voraussage beruht auf der Voraussetzung, dass wir nach Ausführung der Messungen der einen Seite das Resultat jener Messungen angeben können, welche in den Ausdrücken der anderen Seite enthalten sind.

Wenn diese Auffassung der Natur physikalischer Gesetze richtig ist, so wird ihnen offenbar viel von ihrer Erhabenheit genommen. Vor noch gar nicht langer Zeit bezeichnete man sie ganz allgemein als die unabänderlichen Gesetze der Natur und hielt sie für genügend in sich begründet, um die Welt zu beherrschen. Von unserem Standpunkte aus können wir ihnen nur die bescheidene Stellung blosser Beschreibungen zuerkennen, die oft unsicher, oft falsch sind und Ähnlichkeiten zum Ausdruck bringen, die wir beobachtet zu haben glauben.

Die alte Auffassung der Natur, welche in den Gesetzen gleichsam die Herren der Natur sah, entsprang einer viel älteren Ansicht über den Inhalt der Physik und einer Betrachtungsweise physikalischer Erscheinungen, welche bereits von selbst verschwunden ist.

Wie mir scheint, glaubte der Mensch ursprünglich, er müsste alle Bewegungen und Veränderungen beschreiben, indem er sich und die Wirkung seiner Thätigkeit auf die Bewegungen und Veränderungen der Materie zum Vorbild nähme. Bewusst, dass sein Zweck und Wille Bewegungen und Veränderungen in der ihn umgebenden Materie hervorriefen, sah er ähnliche Zwecke und Absichten hinter allen Veränderungen und Bewegungen, die er beobachten konnte; und er glaubte, es sei diese Denkweise notwendig, um die Beobachtungen zutreffend darzustellen. Nach dieser anthropomorphischen — oder vielleicht psychischen — Auffassung waren die Gesetze nicht bloss Beschreibungen ähnlicher Verhältnisse, sondern brachten feste Zwecke und aus ihnen entspringende Wirkungen zum Ausdrucke. Sie waren Gebote, welche an die Materie gerichtet waren, und welchen diese gehorchen musste.

Die psychische Methode, die Einführung von Wille und Zweck, ist noch immer am Platze, wenn es sich um lebende Wesen handelt. Ist sie doch die einzige Methode, zu der wir greifen, wenn wir die Bewegungen unserer Mitgeschöpfe beschreiben wollen. Niemand versucht seine eigenen Bewegungen und Thätigkeiten oder die seiner Mitmenschen zu beschreiben oder zu klassifizieren, ohne auf Ähnlichkeit in den Zielen Bezug zu nehmen, wenn die Thätigkeiten ähnlich sind. Allein der Fortschritt der Naturwissenschaft erwies es als gänzlich bedeutungslos, die Idee von Zweck und Wille hereinzunehmen, wenn es sich um die blosse Beschreibung und Gruppierung der Bewegungen und Veränderungen der leblosen Materie handelt. Auch wenn Zweck und Wille vollständig ausser Betracht blieben, konnte man die beobachteten Bewegungen und Veränderungen beschreiben und künftige Bewegungen und Veränderungen vorhersagen. Indem sich die Physik auf diese Art von Beschreibung und Vorhersage beschränkte, wurde es allmählich klar, dass für den Zweck und im Reiche der leblosen Materie die physische über die psychische Methode siegt. Die Gesetze hörten auf, Gebote oder gesetzliche Verordnungen zu sein und wurden zu reinen Beschreibungen. In der Zeit des Überganges jedoch trat eine bedenkliche Verwirrung ein, die uns jetzt nach vollendeter Entwickelung sonderbar vorkommt, aber zweifellos unvermeidlich war, und es schlich sich die Idee von Zweck und Wille, die die Gesetze ausgedrückt hatten, in die Gesetze selbst ein, sie wurden personifiziert und man liess sie wollen und handeln.

Diese früheren Stufen der geistigen Entwickelung können wir selbst heute noch in sprachlichen Überbleibseln wieder erkennen, die von der Zuerkennung moralischer Eigenschaften an die Materie herrühren. So sagt man jetzt noch von den Gasen, sie „gehorchen" oder „folgen nicht" dem Boyleschen Gesetze, als ob dasselbe eine Verordnung für ihr Verhalten darstellte und ein Ideal, das vollkommene Gas, als Vorbild angäbe. Wir hören noch oft Ausdrücke, als mangele es den wirklichen Gasen an Vollkommenheit, insofern sie den Buchstaben des Gesetzes nicht strenge erfüllen. Demgemäss müssten wir wohl sagen, es sei der Wasserstoff der Vollkommenheit sehr nahe; wir müssten ihn dann aber für übertrieben richtig halten,

für eine Art Pharisäer unter den Gasen, da er in seinem Bestreben, dem Gesetz zu gehorchen, über das Ziel hinausschiesst. Sauerstoff und Stickstoff könnten wir für gewöhnlich für gerade gut genug halten; Kohlendioxyd und Chlor und ähnliche aber wären arme Sünder, welche leicht der Versuchung erliegen und flüssig werden, wenn sie von den Verhältnissen einigermassen bedrängt werden.

In ähnlicher Weise denken wir an moralische Eigenschaften, wenn wir von Körpern mit Rücksicht auf bestimmte Zwecke sprechen, für die wir sie benutzen wollen, wenn wir sie als gute oder schlechte Ausstrahler, gute oder schlechte Isolatoren bezeichnen, gleich als ob sie verpflichtet wären, gut auszustrahlen oder zu isolieren und als wären sie missglückte Naturprodukte, die nicht die gewünschte Qualität erreichen.

Es sind das natürlich nur Kleinigkeiten, allein es wirkt die Sprache so sehr und so empfindlich auf das Denken ein, dass ich selbst auf die Gefahr hin, pedantisch genannt zu werden, die Abschaffung aller derartigen bilderreichen Ausdrücke sehr empfehlen möchte. In unseren quantitativen Schätzungen sollten wir es bei „hoch" oder „niedrig", „gross" oder „klein" bewenden lassen und daran denken, dass es so etwas wie ungenügenden Gehorsam gegen ein physikalisches Gesetz nicht giebt. Von Nichterfüllung eines Gesetzes sprechen heisst einfach eine falsche Darstellung geben.

Mit der Änderung unserer Auffassung physikalischer Gesetze ging eine Änderung unserer Auffassung über physikalische Erklärungen Hand in Hand. Wir brauchen gar nicht weit zurückzugreifen, um Aussprüche zu finden, wie z. B. dass wir eine Sache dann erklärt haben, wenn wir ihre Ursache kennen oder wenn wir sie begründet haben — Aussprüche, die nur in der psychischen Auffassung einen Sinn haben. Ohne uns in eine Auseinandersetzung über die Bedeutung des Wortes Ursache einzulassen, können wir wenigstens das behaupten, dass die Bedeutung nur dann einen richtigen Inhalt bekommt, wenn es sich um Wille und Zweck handelt. In der physischen oder beschreibenden Darstellung ist für die Idee der Ursache kein Platz. In Beschreibungen haben wir nur das „Wie" der Erscheinungen zu behandeln, das „Warum" bleibt absichtlich ausser Betracht. Ein Vorgang ist nicht dann erklärt, wenn wir wissen, „warum" er eintrat, sondern wenn wir zeigen, „wie" er mit einem anderen, anderswo und zu anderer Zeit ablaufenden vergleichbar ist, — wenn wir ihn als Einzelfall in ein bereits aufgestelltes Gesetz einschliessen können. In der Erklärung geben wir nicht Rechenschaft für den Vorgang, sondern wir prüfen unseren Bericht über ihn, indem wir ihn mit bereits Bekanntem vergleichen.

So erklärte z. B. Newton den Fall eines Steines, indem er nachwies, dass seine Beschleunigung gegen die Erde ähnlich und durch dasselbe Gesetz ausdrückbar ist wie die Beschleunigung des Mondes gegen die Erde.

Er erklärte die Luftstörung, welche wir „Schall" nennen, indem er nachwies, dass die Bewegungen und Kräfte in den Druckwellen bereits bekannten Bewegungen und Kräften glichen.

Franklin erklärte den Blitz, indem und insofern er nachwies, dass er sich ähnlich verhielt, wie andere elektrische Entladungen.

Hier möchte ich, ohne den Vorwurf der Pedanterie zu fürchten, mich jenen anschliessen, welche eine Anpassung unserer Ausdrucksweise an die moderne Anschauung verlangen. Es wäre ein sehr wichtiger Gewinn und eine grosse Hilfe einer klaren Denkweise, wenn wir aus physikalischen Darstellungen das Wort „Ursache" entfernen würden, wenn wir aufhörten zu sagen, „Warum" etwas geschieht, ausser wir wollen eine vorhergehende Absicht andeuten, und wenn wir ruhig zugeständen, dass unsere Gesetze nur ausdrücken, „Wie" etwas geschieht.

Das Ziel der Erklärung ist demgemäss, die Zahl der Gesetze möglichst zu beschränken und nachzuweisen, dass anfänglich getrennt stehende Gesetze in einem aufgehen; sowie die Zahl der Abschnitte im Buche der Naturwissenschaften zu vermindern, indem einzelne Abschnitte in Unterabschnitte schon vorhandener verwandelt werden.

In der Sprache eines alten, unverwüstlichen Gleichnisses zu reden — mustert der Physiker das Kleid der Natur, indem er studiert, aus wie vielen oder richtiger wie wenigen Arten von Fäden es gewoben ist, indem er sucht, wie jeder einzelne Faden im Muster verwoben ist und aus dem schon fertigen Teil auf den kommenden schliesst.

Wieviel verschiedene Arten von Fäden benutzt die Natur?

Soweit unsere Erkenntnis reicht, acht oder neun, so viele als es Energieformen giebt, die wir noch getrennt aufführen müssen. Unmöglich aber kann diese Unterscheidung der Wirklichkeit entsprechen. Die Beziehungen zwischen verschiedenen Energieformen und das feste Umwandlungsverhältnis derselben ineinander ermutigen uns zu der Hoffnung, dass wir ihre Zahl noch weiter verringern könnten, wenn wir unsere Sinne noch verschärfen oder unseren Standpunkt verändern könnten. Wir stehen vor dem Webstuhl der Natur und beobachten die Entstehung des Gewebes; während wir einen bestimmten Faden in dem Muster verfolgen, verschwindet er plötzlich und ein anders

gefärbter Faden tritt an seine Stelle. Ist es ein neuer Faden oder ist es der alte nur umgedreht und uns eine andere Seite zukehrend? Wir können nur raten. Die andere Seite ist uns unzugänglich, und selbst die aufmerksamste Beobachtung klärt uns über die Wirkungsweise des Webstuhles nicht auf.

Verlassen wir das Gleichnis. Wären wir wahre Physiker und nur Physiker, so sollten wir, meiner Meinung nach, uns damit begnügen, die beobachteten Energieveränderungen zu beschreiben. Wir hätten z. B. zu sagen, dass so und so viel kinetische Energie verschwindet und so und so viel Wärme auftritt, oder dass so und so viel Licht auf die Oberfläche trifft und so und so viel gemischte Energie an ihrer Stelle auftritt. Aber wir haben uns zu nehmen, wie wir sind und mit der Thatsache zu rechnen, dass wir psychische Wesen sind und nur unsere Materie physisch ist. Und es ist eine nackte Thatsache, dass wir von solchen unzusammenhängenden Beschreibungen nicht befriedigt sind. Wir finden keinen Gefallen an Unstetigkeiten und denken an zu Grunde liegende Gleichheiten. Wärme ist in unseren Gedanken etwas, was einen Moment vorher sichtbare Bewegung war, und Licht ändert nur seine Form und wird selbst chemische Energie. Zu unserem passiven Missfallen an Diskontinuitäten gesellt sich dann unser aktiver Wunsch, ein geistiges Bild zu dem Vorgange zu konstruieren, welches mit irgend etwas Bekanntem Ähnlichkeiten hat. An diesem Punkte versagt unsere gewöhnliche Erklärungsmethode, denn es tritt hier eine Ähnlichkeit wie dort, wo wir Schritt für Schritt Vorgänge verfolgen können, nicht so klar zu Tage. Wir ersinnen dann einfach eine Beschaffenheit der Materie und von Modifikationen derselben, welche einen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Arten der Energie herzustellen erlaubt und uns ein Bild für eine bestimmte Energieform zu bilden erlaubt, das wir bei den Verwandlungen beibehalten können. Wir begnügen uns dann aber nicht länger damit zu beschreiben, was wir wirklich sehen oder fühlen, sondern wir beschreiben, was wir nach unserer Meinung sehen oder fühlen müssten, wenn unsere Sinne ungleich schärfer und empfindlicher wären. Wir hören auf, Physiker des Realen zu sein und werden Physiker des Ideellen.

Um solche geistige Bilder zu formen, nehmen wir natürlich den Sinn zu Hilfe, der sie sehr bestimmt macht, d. i. den Gesichtssinn und erdenken eine Materie, welche uns in den Stand setzt, alle verschiedenen Veränderungen mittels der Begriffe sichtbarer Bewegungen und Beschleunigungen zu erklären. Wir entwerfen also ein mechanisches Weltbild.

Was uns in diesem Bestreben sehr ermutigt, ist die Thatsache, dass in dieser mechanischen Auffassung die Beziehungen sich so exakt angeben lassen und dass die Bewegungsgleichungen so fest bestimmt sind. Ferner können wir über eine Reihe von mechanischen Systemen Berechnungen anstellen, welche an Genauigkeit Berechnungen über andere physikalische Systeme weit übertreffen. Man vergleiche nur z. B. die Genauigkeit, mit welcher wir die Bahn eines Planeten angeben und vorherberechnen können und unsere Unkenntnis über die durch die Sonnenwärme hervorgerufenen Bewegungen der Luft. Der Planet folgt der Zeittafel des Astronomen, aber der Wind bläst, von wannen er kommt.

Die einzige Begründung, welche man bisher für diese mechanische Erklärung sich dachte — wir gebrauchen dabei das Wort „Erklärung", um die Gleichheit des Erdachten und thatsächlich Beobachteten zum Ausdruck zu bringen — ist die Atom- und Molekularhypothese der Materie. Diese Hypothese entstand bereits so frühe in der Geschichte der Wissenschaft, dass wir sie geradezu für eine Denknotwendigkeit halten müssen und dass sie eine wesentlich höhere Garantie für ihre Richtigkeit besitzt als irgend eine andere, erdenkbare Hypothese. Ich vermute aber, man würde bei genauerer Verfolgung ihrer ersten Entwickelung finden, dass sie einem Versuche der Erklärung der Ausdehnung und Zusammenziehung, der Verdampfung und Lösung ihre Entstehung verdankt. Wäre die Materie ein Kontinuum, so müssten wir diese Erscheinungen als reine Thatsachen hinstellen, die insofern unerklärbar wären, als sie nichts Anderem glichen. Stellen wir uns aber die Materie als einen Haufen diskreter Teilchen mit Zwischenräumen vor, so ist Zusammenziehung und Ausdehnung nichts weiter als ein Zusammen- und Auseinandergehen des Haufens. Lösung ist nichts weiter als eine Vermengung zweier Haufen, und Verdampfung nichts weiter als eine Zerstreuung von aussen weg. Die augenfälligsten Eigenschaften der Materie gleichen also Vorgängen, die man in irgend einer öffentlichen Versammlung beobachten kann.

Jahrhunderte lang machte die Molekularhypothese keine weiteren Fortschritte. Der erste weitere Schritt war die Einführung der Schwingungsbewegung der Atome, die man zur Erklärung der Wärme heranzog. Dann wurden ihnen bestimmte Eigenschaften zugeschrieben und bestimmte gegenseitige Kräfte eingeführt, um die Elastizität und andere Eigenschaften der Materie zu erklären. Die erste wirklich grosse Leistung bestand aber meiner Meinung nach in der erfolgreichen Erklärung der festen Verbindungsverhältnisse und nächstdem in der Erklärung vieler Eigenschaften der Gase.

Solange Licht für etwas Körperliches — thatsächlich Molekulares gehalten wurde, und solange direkte Fernkräfte keine Schwierigkeiten boten, bildete die Molekularhypothese die einzige Grundlage der mechanischen Darstellung der Erscheinungen. Nachdem aber erwiesen war, dass die beste Darstellung der Lichterscheinungen auf Grund der Annahme, sie seien eine Wellenerscheinung, gegeben werden könnte, wurde, wie Lord Salisbury sagte, etwas nötig, was schwingen konnte und in intermolekularen und interplanetaren Räumen vorhanden war. Es entstand so die Ätherhypothese als eine notwendige Ergänzung jener Molekularhypothese, nach welcher die Materie aus diskreten Partikeln mit materiefreien Zwischenräumen besteht.

Auf Faradays Entdeckung des Einflusses des Dielektrikums auf elektrische Wirkungen hin wurde der Gedanke einer Fernwirkung verlassen und der Äther beigezogen, um die Materie in der Erklärung magnetischer und elektrischer Erscheinungen zu unterstützen. Die Entdeckung, dass die Geschwindigkeit elektromagnetischer Wellen gleich der des Lichtes ist, ist zum mindesten ein leichter (circumstantial) Beweis für die Übertragung beider durch ein und dasselbe Medium.

Ich glaube, wir geben uns alle der Erwartung hin, dass wir noch einmal diesem Medium noch weitere Eigenschaften zuschreiben können, um seine Verwendbarkeit zu erhöhen und die Gravitation zu erklären.

Die mechanische Hypothese hatte nicht immer die dualistische Gestalt materieller Atome und Moleküle, die in einem gänzlich verschiedenen Äther schwimmen. Meiner Ansicht nach ist Boscovichs Theorie von Punktcentren, die von unendlich ausgedehnten Kraftatmosphären umgeben sind, ein Versuch, den Dualismus zu beseitigen und Faradays Theorie von Punktcentren mit ausstrahlenden Kraftlinien ist nur eine andere Form der Theorie von Boscovich. Lord Kelvins Wirbelatome bieten eine noch grössere gedankliche Vereinfachung. Nach ihm ist der ganze Raum von einer kontinuierlichen Flüssigkeit — nennen wir sie flüssigen Äther — erfüllt und die Atome sind nur die Stellen einer speziellen Art von Bewegung dieser reibungslosen Flüssigkeit. Die Atome unterscheiden sich nur durch Verschiedenheit der Lage und der Bewegung. An Wirbelstellen nennen wir die Flüssigkeit Materie; an wirbelfreien Äther. Alle Energie ist Bewegungsenergie. Unsere sichtbare kinetische Energie $\frac{mv^2}{2}$ ist die in und um den centralen Wirbeln vorhandene Energie; unsere sichtbare Energie der Lage und potentielle Energie, sind Bewegungsenergie in den äusseren Gebieten.

Eine ähnliche Vereinfachung bietet Dr. Larmors Hypothese; nach ihr ist abermals der Raum mit einer einzigen kontinuierlichen Substanz erfüllt, nur ist sie diesmal mehr als fest, denn als flüssig vorzustellen. Die Atome sind statt Wirbel die Stellen, wo Spannung besteht und der Äther ist das, was gespannt wird.

Indem wir so das Gewebe des Kleides der Natur genauer betrachten, lösen wir es in Gedanken in Ätherfäden auf, die mit materiellen Kügelchen besetzt sind. Sehen wir näher zu, so lösen sich die materiellen Kügelchen auf, und werden zu blossen Knoten und Schlingen in den Ätherfäden.

Da kommt die Frage: Was bedeuten für uns diese Hypothesen über die Konstitution der Materie und den sie verbindenden Äther? Als was haben wir die von ihnen gelieferten Erklärungen anzusehen? Sollen wir die Atome und den Äther mit den durch unsere Sinne beobachteten Erscheinungen auf gleiche Stufe stellen und wie wahre Dinge um ihrer selbst willen erforschen? Oder bilden sie nur ein Werkzeug in der Forschung nach Wahrheit, die der Abnutzung unterworfen sind oder besseren Ersatz erheischen?

Dass die Materie eine körnige Struktur hat, ist kaum eine andere Aussage, als dass sie sich thatsächlich in dünnen Schichten anders verhält, als in dickeren. Sobald wir aber von dieser allgemeinen Behauptung weitergehen und den Kernen bestimmte Formen oder dem zwischenliegenden Bindemittel bestimmte Eigenschaften zuschreiben, befinden wir uns in reinen Hypothesen.

Es ist schwer denkbar, dass wir jemals ein Atom sehen oder den Äther greifen werden. Wir machen auch keinen Versuch, sie mit unseren Sinnen zu erfassen. Aber wir verknüpfen beobachtete Zustände und Veränderungen der sichtbaren, groben Materie durch eine Maschinerie der Moleküle und des Äthers. Die Veränderungen an den Endgliedern der Maschinerie, die wir klarlegen wollen, gehen in der groben Materie vor sich, und sie ist unser einziges Forschungswerkzeug; niemals erhalten wir einen direkten Sinneseindruck seitens der erdachten Atome oder des Zwischenmittels Äther. Für den Physiker, welcher sich strenge auf Beschreibung beschränkt, würden sie kein weiteres Interesse oder keinen anderen Nutzen bieten, als dass sie zur Voraussage der Veränderungen in der groben Materie gute Dienste leisten.

Offenbar ist es durchaus möglich, verschiedenerlei Mechanismen anzugeben, die die bekannten Wirkungen hervorbrächten. Der von uns angenommene Typus erfährt fortwährend kleine Umänderungen, indem neue Entdeckungen eine neue Anordnung der Einzelteile erfordern. Sollte es da ganz unmöglich sein, dass der ganze Typus geändert wird?

Der spezielle Molekül- oder Äthermechanismus, welchen wir erwähnten und den man jetzt allgemein angenommen hat, wurde gewählt, weil der Gesichtssinn in uns am höchsten entwickelt ist. Wäre es anders, hätten wir einen noch feineren Sinn als den Gesichtssinn, der uns eine geistige Vorstellung leichter machte, so hätten wir möglicherweise ganz verschiedene Hypothesen ersonnen. Indessen können wir, so wie wir sind, keinen vollkommeneren Typus uns denken als den auf Gesichtseindrücken beruhenden; wir könnten uns einen minderwertigen denken und wollen einmal zur Kennzeichnung des Hauptpunktes den Sinn nehmen, über welchen mein Vorgänger im letzten Jahre sprach — den Geruchssinn. In uns ist derselbe sehr wenig entwickelt. Aber denken wir uns einmal ein Geschöpf, in dem er sehr hoch entwickelt ist, wie z. B. einen hypothetischen Hund, dessen Verstand sehr weit ausgebildet ist. Angenommen er versucht, eine Lichthypothese aufzustellen. Da er weiss, wie leicht sein Geruchssinn durch oberflächliche Ausdünstungen erregt wird, wird er ganz natürlich eine Korpuskulartheorie des Lichts entwickeln und durch sie befriedigt sein. Wenn er die Thatsachen der Dispersion entdeckt, wird er sich die verschiedenen Farben als verschiedene Arten von Geruch vorstellen — die für ihn selbst nicht direkt wahrnehmbar sind, aber von einem noch besser begabten und noch mehr hypothetischen Hunde direkt empfunden werden könnten.

Natürlich könnten wir, mit unserem höheren Intellekt und unserer schärferen Auffassungsgabe, sehen, wo seine Hypothese zusammenbricht; aber wenn wir nicht annehmen, dass unsere Sinne ihre höchste Entwickelung schon erreicht haben, wird unser Beispiel, so derb es auch ist, zeigen, dass unsere Hypothesen mehr nach uns sich richten als nach der Natur, dass sie mehr subjektiv als objektiv sind und demgemäss nur als Werkzeuge und Hilfsmittel betrachtet werden können, zu denen wir in der Erforschung der Wahrheit greifen.

In der Ausdrucksweise eines alten Gleichnisses — und wir müssen uns hier auf Gleichnisse beschränken — müssen wir sagen: während das Weltgebäude von selbst von innen heraus wächst, können wir sein Bild, das wir in den beschreibenden Naturwissenschaften zu konstruieren versuchen, nur mit Hilfe eines Gerüstes an der Aussenseite, eines Gerüstes von Hypothesen, konstruieren. Während im wirklichen Bau alles zusammenhängt, stehen in unserem Modelle einzelne Partien gesondert und müssen mit dem Rest vorübergehend durch Leitern und Treppen in Verbindung gesetzt werden oder müssen gesondert gestützt werden, bis wir die Unterstruktur erkennen. Um die Hypothesen so sicher zu gestalten wie die Thatsachen es sind, muss das vorübergehend verwendete Rüstzeug ein wesentlicher Teil des Baues selbst werden.

(Schluss folgt.)

BESPRECHUNGEN.

E. von Lommel, Lehrbuch der Experimentalphysik. gr. 8. Siebente Auflage, herausgegeben von Walter König. X u. 574 Seiten mit 1 Porträt, 430 Figuren und 1 Tafel. Leipzig, J. A. Barth. 1900. Preis M. 6,40.

H. Kayser, Lehrbuch der Physik für Studierende. Dritte Auflage. gr. 8. X u. 584 Seiten mit Abbildungen. Stuttgart, Ferd. Enke. 1900. Preis 11 M.

E. Warburg, Lehrbuch der Experimentalphysik für Studierende. Fünfte Auflage. gr. 8. XX u. 403 Seiten mit 410 Abbildungen. Tübingen, J. C. B. Mohr. 1901. Preis 7 M.

An vortrefflichen Lehrbüchern der Physik ist bei uns kein Mangel mehr; jeder Geschmack findet sowohl in der Art der Darstellung, wie in der Reichhaltigkeit des bewältigten Stoffes seine Rechnung. Von den kleineren Kompendien sind die drei oben genannten, in neuer Auflage erschienenen, diejenigen, die den festesten Fuss gefasst haben. Das Lommelsche Buch hat in 6 Jahren 5 von seinem Autor selbst auf den neuesten Stand ergänzte und gefeilte Auflagen erlebt. Die vorliegende neueste Auflage ist in liebevoller Anlehnung an die Eigenart und die Absichten des am 19. Juni 1899 dahingeschiedenen Verfassers von Walter König besorgt. An einigen Stellen, namentlich in den Kapiteln über die Theorie der Lösungen, die elektrolytische Leitung und die Wirkungsweise der galvanischen Elemente sind den modernen Anschauungen der elektrochemischen Vorgänge entsprechende Änderungen vorgenommen, die entschieden als Verbesserungen empfunden werden. Ein beigegebenes gutes Porträt E. v. Lommels ehrt das persönliche Andenken des Verstorbenen.

Wie der Herausgeber treffend sagt, liegt die Eigenart des Lommelschen Buches in der Art der Darstellung, die breit und behaglich, wo es geht, an die alltägliche Erfahrung anknüpfend, die physikalischen Lehren den Lesern so mundgerecht, wie irgend möglich zu machen

sucht. Dazu kommt eine erstaunliche Reichhaltigkeit und — nicht das Fehlen, aber in den grossgedruckten Teilen — das Zurücktreten des mathematischen Ausdrucksmittels. Das sind Eigenschaften, die dem Buche seine Freunde aus allen den Kreisen erworben haben, die Physik mehr kursorisch treiben; die einmal möglichst mühelos erfahren wollen oder sollen, von was man alles in dieser Wissenschaft zu berichten weiss; so bei den jungen Medizinern und Chemikern. Vortrefflich eignet es sich auch für den ernsten Autodidakten, der sich in dem physikalischen Gebiete orientieren will.

Es ist sicher, dass sich diese Art der Darstellung bei dem breiteren Publikum grosser Beliebtheit erfreut; doch darf man ihre Gefahren nicht unterschätzen. Die Leichtigkeit und gleichsam Selbstverständlichkeit, mit der sie in den Stoff vordringt, und die an das Nachdenken und Selbstfinden des Lesers kaum mehr appelliert, führt leicht zur Überschätzung der schon erworbenen Kenntnisse und zur Unterschätzung der Schwierigkeit des Stoffes, wie man im physikalischen Praktikum manchmal Gelegenheit hat zu erfahren. Es ist eine Methode, welche vorzüglich das Kennen, aber — bei dem Normalleser — weniger gut das Können schult.

Auf das letztere, die Schulung des Könnens, mit weisem Verzicht auf möglichste Reichhaltigkeit, zielt überwiegend die Darstellung des Kayserschen und des Warburgschen Werkes. Beide lassen auf keiner Seite vergessen, dass man es mit einer schwierigen, das ganze Denken vollauf in Anspruch nehmenden Materie zu thun hat. Der Stoff, den sie behandeln, wird auf die absolut festgegründeten Ergebnisse der Wissenschaft beschränkt. Aber an diesem exakt methodisch behandelten Stoffe erfährt der Geist des Lesers die strenge und gewissenhafte Schulung, die er zum Können, zum späteren selbständigen Vertiefen in die physikalische Wissenschaft braucht. Ist das Lesen des Lommelschen Buches ein Vergnügen, so ist das Studieren der beiden andern eine Arbeit, ein ernstes Ringen nach den schwierigen Grundbegriffen der Physik. Aber nur diese Arbeit führt meines Erachtens tiefer zu der wissenschaftlich klaren Anschauung, die befähigt, auch in einer ungewohnten Erscheinung die Zusammenhänge zu erkennen und zu beherrschen. Und soll nicht die Beschäftigung mit Physik z. B. den jungen Medizinern und Chemikern gerade das vermitteln?

Das Kaysersche Buch ist in seiner Methode mehr theoretisch deduktiv, die beiden andern induktiv gefasst. Das Lommelsche und Warburgsche stehen sich in diesem Punkte nahe, nur dass Warburg einen gewissen Lapidarstyl bevorzugt, der die Schlüsse dem Leser möglichst selber überlässt und vor allem auf eine prägnante, knappe und klare Formulierung der Thatsachen und abgeleiteten Begriffe Wert legt.

In den Neuauflagen des Kayserschen und Warburgschen Werkes sind nur wenige wesentliche Änderungen oder Zusätze gegen früher gemacht.

Die Anordnung des Stoffes ist in allen drei Werken die althergebrachte. Es ist mehrfach, so von Lommel in der Vorrede zur ersten Auflage, neuerdings wieder von Wiener betont worden, dass diese Anordnung, weil sie sich an die geschichtliche Entwicklung anlehnt, die naturgemässe, dem Menschengeiste am besten angepasste sei: „Denn nach dem biogenetischen Grundgesetz macht jedes Lebewesen in abgekürzter Folge die Entwicklung seines ganzen Stammes durch.“[1])

Indessen lässt sich heute die Notwendigkeit, den ganzen Stoff anders zu gruppieren, als es dem geschichtlichen Werdeprozess entspricht, kaum mehr von der Hand weisen. Ganz unvermittelt stellt dieser alte Gang z. B. nebeneinander Elektrostatik, Magnetismus, galvanischen Strom und galvanisches Element, Elektrolyse, Polarisation, elektrische Schwingungen. Erst sehr spät kann dabei die grosse theoretische Einheit zu Worte kommen, zu der doch alle diese sprunghaft erforschten Kapitel jetzt so harmonisch zusammengefügt sind. Ist nicht der von vornherein sprunglose, stetige Aufbau des Gebäudes auf breiter Basis vorzuziehen? Der historische Gang führt gleichsam von einem dunklen Korridor der Reihe nach in verschiedene Zimmer und lehrt, sich in jedem Zimmer zurechtzufinden. Am Schlusse wird dann der Grundrisss vorgenommen und gezeigt, dass die Zimmer zu einem einheitlichen Bau gehören, und dass man sehr bequem von einem Zimmer ins andere gelangen kann. Wie befriedigend aber lässt sich heute in stetiger Linie vordringen, z. B.: Magnetismus und Kraftlinienbegriff, Kraftfeld des Stromes, woraus sofort die ganzen ponderomotorischen Wirkungen der Stromphänomene folgen; geschnittene Kraftlinien und Begriff der E.M.K., wo sich ganz naturgemäss über die Induktion am ungeschlossenen Stromkreise Elektrostatik anschliesst; Induktion am geschlossenen Kreise zeigt das Ohmsche Gesetz für Wechsel- und Gleichstrom; Selbstinduktion, Widerstand, Stromwärme; Elektrolyse, Dissoziationstheorie, Polarisation, Theorie der galvanischen Kette und des Akkumulators; elektrostatisches Feld und elektrische Schwingungen, Lehre von der Strahlung und Strahlungsgesetze; Optik; Elektro- und Magnetoptik. — Es ist eine Freude, wie sich bei diesem Gange

1) O. Wiener, Die Erweiterung unserer Sinne, Seite 4. Leipzig 1900.

das Einzelne wie von selbst zum Ganzen fügt. Gerade auch die biogenetischen Gesichtspunkte weisen darauf, dass neue Wachstumsbedingungen neue Wachstumswege zur Folge haben. Heute wächst man auf, umgeben auf Schritt und Tritt von dem elektrischen Strome und seinen Äusserungen. Da muss auch der Unterricht an andere Grundlagen anknüpfen und andere Wege führen wie früher. Das biogenetische Grundgesetz ist ein Spezialfall des Prinzips vom kleinsten Zwange. Je weniger Sprünge der Geist zu machen hat, desto kleineren Zwang erfährt er auf seinem Wege zum Verständnis, desto leichter findet er auch den Weg wieder, den er einmal gegangen ist. H. Th. Simon.

(Eingegangen 30. Juli 1901.)

K. Polstorff, Leitfaden der qualitativen Analyse und der gerichtlich-chemischen Analyse. gr. 8. 144 S. Leipzig, S. Hirzel. 1901. 2 M.

Der Leitfaden ist offenbar für den Studierenden zur Ergänzung und Unterstützung der mündlichen Unterweisungen des Dozenten beim analytischen Arbeiten bestimmt. Dementsprechend enthält das Werk die analytisch wichtigen Reaktionen auf Metalle und Säuren, welche durch Text und Gleichungen erläutert werden; die Prüfungen auf trockenem Wege, die Methoden der Auflösung und Aufschliessung, die ihrer Wichtigkeit gemäss mit Sorgfalt behandelt sind; den gebräuchlichen analytischen Gang der Trennung der Basen, von dem Verfasser nur insofern abweicht, als er zur Prüfung auf das Vorhandensein der gesamten Metalle der Erdalkaligruppe Dinatriumphosphat anwendet. Vermissen möchte man am Schluss der Besprechung der einzelnen analytischen Gruppen eine tabellarische Übersicht über den Gang der Trennung, wodurch das Arbeiten wesentlich erleichtert wird. Da durch den vorhergehenden Text stets genügende Begründungen gegeben sind, würde auch die Gefahr ausgeschlossen sein, den Studierenden durch derartige Tabellen zum mechanischen Arbeiten zu verleiten.

Für die Trennung der Säuren untereinander, die wegen des Mangels an Systematik stets ein schwierig zu behandelndes Kapitel darstellt, ist nach Möglichkeit eine Gruppierung unter gemeinsame Gesichtspunkte durchgeführt.

Im zweiten Teil des Buches, welcher die gerichtlich-chemische Analyse enthält, giebt der Verfasser die Methoden der Untersuchung auf Phosphor, Blausäure, die wichtigsten giftigen Pflanzenstoffe und die Metallgifte wieder. Diese Anordnung des Inhalts macht den Leitfaden geeignet, dem Unterricht im pharmazeutischen Laboratorium zu dienen. Paradies.

(Eingegangen 27. Juli 1901.)

A. Classen, Ausgewählte Methoden der analytischen Chemie. gr. 8. Erster Band. Unter Mitwirkung von H. Cloeren. XX u. 940 S. mit 78 Abbildungen u. 1 Taf. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1901. Gebdn. 20 M.

Das neu erschienene Werk Classens soll dem Vorworte nach in erster Linie dem bereits in der Technik stehenden Chemiker dienen, dem Studierenden der Chemie soll es nur insoweit ratend zur Seite stehen, als dieser selbst schon mit den Methoden der analytischen Chemie vertraut ist. Dass das Buch diesen Anforderungen, die der Verfasser selbst gestellt hat, vollständig gerecht wird, geht aus der Behandlung des Stoffes in genügender Weise hervor.

Der erste Band, welcher bisher erschienen ist, enthält die Reaktionen zum qualitativen Nachweis und die Methoden zur quantitativen Bestimmung und Trennung der Metalle. Die Anordnung des Materials ist nach der Gruppeneinteilung gewählt, wie sie durch die qualitative Analyse gegeben ist. Hierbei sind einem jeden Metall zunächst die gebräuchlichen Reaktionen für den qualitativen Nachweis in leicht fasslicher Kürze vorangestellt; daneben finden stets spezielle Fälle Berücksichtigung, die für den technischen Chemiker von Interesse sind. Besonders eingehend sind dann die Methoden für die quantitative Bestimmung und Trennung behandelt, so zwar, dass gewichtsanalytische, massanalytische und elektrolytische Methoden nacheinander abgehandelt werden. Dem schliessen sich quantitative Trennungen und spezielle Methoden für die Analyse von Erzen und technisch wichtigen Produkten an. So werden z. B. im Anschluss an das Aluminium die Analyse des Cements, der Thone, der Gläser, beim Calcium die Bestimmungen der Phosphorsäure in den Superphosphaten, beim Beryllium die wichtig gewordenen Methoden zur Bestimmung seltener Erden u. s. w. besprochen. Diese Anordnung macht das Werk, das sich durch Aufnahme neuer Methoden dem jüngsten Stande der Forschung anpasst, wertvoll als Ratgeber für den technischen Chemiker; dem vorgeschrittenen Studierenden giebt es durch die elegante und übersichtliche Behandlung des Stoffes Gelegenheit, sich schon während des Studiums in bequemer Weise mit wichtigen technischen Methoden vertraut zu machen. Daneben ergänzen zahlreiche Litteraturangaben und eine Reihe von Abbildungen wichtiger analytischer Apparate das Werk in vorzüglicher Weise.

Paradies.

(Eingegangen 27. Juli 1901.)

Personalien.

An der Universität Zürich erhielt die venia legendi für Chemie Dr. P. Pfeiffer.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.